# 10 Übungsaufgaben zu den Kapiteln 1 – 9

## 10.1 Das Atom

1. **Wie nennt man die kleinsten Teilchen eines chemischen Elements?**
   - Moleküle ☐
   - Atome ☐
   - Protonen ☐

2. **Wie viel Wasserstoffatome würden aneinander gereiht eine Strecke von etwa 1 mm ergeben? Etwa**
   - 1 000 Wasserstoffatome ☐
   - 10 000 Wasserstoffatome ☐
   - 10 000 000 Wasserstoffatome ☐

3. **Woraus besteht der Kern eines Atoms?**
   - Elektronen und Neutronen ☐
   - Protonen und Elektronen ☐
   - Protonen und Neutronen ☐

4. **Welche Teilchen bilden die Hülle des Atoms?**
   - Elektronen ☐
   - Protronen ☐
   - Neutronen ☐

5. **Durch die Massenzahl wird angegeben, wie viel**
   - Neutronen, ☐
   - Protonen, ☐
   - Neutronen und Protonen, ☐

   ein Atomkern enthält.

6. **Die Kernladungszahl gibt die**
   - Anzahl der Neutronen, ☐
   - Anzahl der Protonen, ☐
   - Anzahl der Protonen und Neutronen an. ☐

7. **Was gilt für die Anzahl der positiv geladenen Protonen und der negativ geladenen Elektronen, wenn sich ein Atom im ungeladenen Zustand befindet?**
   - Protonenzahl größer als Elektronenzahl ☐
   - Protonenzahl kleiner als Elektronenzahl ☐
   - Protonenzahl gleich Elektronenzahl ☐

8. **Was geschieht, wenn aus der Hülle eines Atoms ein Elektron entfernt wird?**
   - Das Atom wird zum positiven Ion. ☐
   - Das Atom wird zum negativen Ion. ☐
   - Das Atom zerfällt. ☐

9. **Was geschieht, wenn ein Atom ein zusätzliches Elektron in seine Hülle aufnimmt?**
   - Das Atom gibt dafür ein Proton ab. ☐
   - Das Atom wird zum positiven Ion. ☐
   - Das Atom wird zum negativen Ion. ☐

10. **Wodurch unterscheiden sich die Atomkerne verschiedener chemischer Elemente voneinander?**
    - Durch die Neutronenzahl ☐
    - Durch die Massenzahl ☐
    - Durch die Kernladungszahl ☐

11. **Worin unterscheiden sich die Isotope eines Elements?**
    - In der Anzahl der Neutronen ☐
    - In der Anzahl der Protonen ☐
    - In der Anzahl der Elektronen ☐

12. **Die positiv geladenen Protonen eines Atomkerns stoßen einander ab. Wodurch wird verhindert, dass der Kern auseinander fällt?**
    - Die negativen Ladungen der Elektronenhülle wirken dagegen. ☐
    - Zwischen den Nukleonen (Kernteilchen) sind starke Kernkräfte wirksam. ☐
    - Die Neutronen neutralisieren die Ladungen der Protonen. ☐

13. **Die Reichweite der Kernkräfte**
    - ist im Prinzip unendlich groß, ☐
    - erfasst gerade eben noch den äußeren Bereich der Elektronenhülle ( $\approx 10^{-10}$ m), ☐
    - ist extrem kurz ( $\approx 10^{-15}$ m). ☐

14. **Was geschieht, wenn z. B. zwei Protonen und zwei Neutronen zu einem Heliumkern zusammengefügt werden?**
    - Zur Stabilisierung fängt der Kern zusätzlich Hüllelektronen ein. ☐
    - Ein kleiner Teil der Nukleonenmasse wird in Energie umgewandelt und diese wird abgestrahlt. ☐
    - Der Kern nimmt aus der Umgebung Energie auf, um die Teilchen zusammenhalten zu können. ☐

15. **Was gibt der Massendefekt an, der beim Zusammenschluss von Nukleonen zu einem Atomkern auftritt?**
    - Energie, mit der die Nukleonen im Kern gebunden sind. ☐
    - Die Masse des Atoms, abzüglich der Masse der Hüllelektronen. ☐
    - Die Masse der bei der Ionisation verloren gegangenen Elektronen. ☐

16. **Bei welchen Nukliden ist die Bindungsenergie je Nukleon am geringsten?**
    - Bei den leichtesten Nukliden ☐
    - Bei den schwersten Nukliden ☐
    - Bei den mittelschweren Nukliden ☐

17. **In welcher Größenordnung liegt die Bindungsenergie je Nukleon (von den leichtesten Nukliden abgesehen)? Sie liegt zwischen**
    - 7 eV und 9 eV, ☐
    - 1 MeV und 3 MeV, ☐
    - 7 MeV und 9 MeV. ☐

18. **Durch welche Gleichung wird die Äquivalenz von Masse und Energie beschrieben?**
    - $E = m \cdot c$ ☐
    - $E = m \cdot c^2$ ☐
    - $E = \frac{m}{c^2}$ ☐



## 10.2 Kernumwandlungen und Radioaktivität

1. **Wie nennt man Atome, die ohne Einwirkung von außen Strahlen aussenden?**
   - Ionisiert ☐
   - Radioaktiv ☐
   - Elektrisch geladen ☐

2. **Wie nennt man die Kerne radioaktiver Atome?**
   - Radionuklide ☐
   - Isotope ☐
   - Nuklide ☐

3. **Welche Eigenschaft der Strahlen, die von radioaktiven Atomkernen ausgesandt werden, benutzt man zu ihrer genaueren Bezeichnung? Die Eigenschaft,**
   - dünne Materialschichten zu durchdringen, ☐
   - Stoffe zu ionisieren, ☐
   - durch ein Magnetfeld abgelenkt zu werden. ☐

4. **Woraus bestehen Alphateilchen? Aus**
   - 2 Protonen, ☐
   - 2 Neutronen, ☐
   - 2 Protonen und 2 Neutronen. ☐

5. **Wie groß ist die Anfangsgeschwindigkeit der aus radioaktiven Atomkernen austretenden Alphateilchen?**
   - Etwa 1 500 km/s ☐
   - Etwa 15 000 m/s ☐
   - Etwa 15 000 km/s ☐

6. **In welche Teilchen kann ein Neutron zerfallen?**
   - In 2 Elektronen ☐
   - In 1 Proton und 1 Elektron ☐
   - In 2 Protonen ☐

7. **Was sind Betateilchen?**
   - Protonen ☐
   - Neutronen ☐
   - Elektronen ☐

8. **In welchem Bereich liegt die Austrittsgeschwindigkeit von Betateilchen, die aus Kernen radioaktiver Atome ausgesandt werden?**
   - 10 000 m/s bis 15 000 m/s ☐
   - 10 000 km/s bis 15 000 km/s ☐
   - 0 m/s bis fast 300 000 km/s ☐

9. **Gammastrahlen sind elektromagnetische Wellen. Wie werden sie aus dem Atomkern abgegeben?**
   - In einzelnen Energieportionen (Quanten) ☐
   - Als fortlaufender (kontinuierlicher) Energiestrom ☐
   - Als elektrische Entladung ☐

10. **Wie groß ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Gammaquanten? Ungefähr**
    - 300 000 m/s ☐
    - 300 000 km/s ☐
    - 300 000 km/h ☐

11. **Beim K-Einfang wird**
    - ein Proton von der Atomhülle eingefangen, ☐
    - ein Hüllelektron vom Kern eingefangen, ☐
    - ein Hüllelektron von einem Nachbaratom eingefangen. ☐

12. **Die Halbwertszeit gibt die Zeit an, in der**
    - die Hälfte, ☐
    - ein Viertel, ☐
    - ein Zehntel ☐

    der zu Beginn vorhandenen radioaktiven Atome zerfallen sind.

13. **Zu Beginn eines Versuchs sind 12 000 000 Atome radioaktiv. Wieviel Atome sind nach Ablauf zweier Halbwertszeiten insgesamt zerfallen?**
    - 6 000 000 Atome ☐
    - 3 000 000 Atome ☐
    - 9 000 000 Atome ☐

14. **Was wird durch die Aktivität angegeben?**
    - Anzahl der Kernumwandlungen ☐
    - Anzahl der Kernumwandlungen pro Zeit ☐
    - Anzahl der Kernumwandlungen pro Masse ☐

15. **In welcher Einheit misst man die Aktivität?**
    - Ampere (A) ☐
    - Joule (J) ☐
    - Becquerel (Bq) ☐

16. **Ein radioaktiver Strahler besitzt eine Aktivität von 5 000 Bq. Wieviel Kernumwandlungen finden in 1 min statt?**
    - 300 000 ☐
    - 5 000 ☐
    - 60 ☐

17. **1 µg Cs-137 hat eine Aktivität von etwa $3{,}2 \cdot 10^6$ Bq. Welche spezifische Aktivität ergibt sich, wenn dieses 1 µg in 1 t Wasser aufgelöst wird?**
    - $3{,}2 \cdot 10^6$ Bq/g ☐
    - $3{,}2 \cdot 10^6$ Bq/kg ☐
    - 3,2 Bq/g ☐

## 10.3 Das Wesen der Energie

**1. Was benötigt man, um eine physikalische Arbeit zu verrichten?**
- Elektrische Spannung ☐
- Energie ☐
- Geschwindigkeit ☐

**2. In welcher Einheit misst man die Energie?**
- Ampere (A) ☐
- Newton (N) ☐
- Joule (J) ☐

**3. In welcher Einheit misst man die Energie bei Kernreaktionen?**
- Joule (J) ☐
- Kilowattstunden (kWh) ☐
- Elektronvolt (eV) ☐

**4. Was geschieht beim Verrichten einer physikalischen Arbeit?**
- Ein Stoff wandelt sich in einen anderen um. ☐
- Die beteiligten Körper laden sich elektrisch auf. ☐
- Es wird eine Energieform in eine andere umgewandelt. ☐

**5. Durch den Wirkungsgrad wird angegeben:**
- $\frac{\text{nutzbare Energie}}{\text{aufgewendete Energie}}$ ☐
- $\frac{\text{aufgewendete Energie}}{\text{nutzbare Energie}}$ ☐
- nutzbare Energie x aufgewendete Energie ☐

**6. Welche Aussage über den Wirkungsgrad von Geräten und Maschinen ist richtig? Der Wirkungsgrad ist immer**
- größer als 1, ☐
- gleich 1, ☐
- kleiner als 1. ☐

**7. Wie groß ist etwa der Gesamtwirkungsgrad eines Kernkraftwerkes?**
- 0,95 ☐
- 0,61 ☐
- 0,34 ☐

**8. Welche Energie steht bei einem Kohlekraftwerk am Anfang der Energieumwandlungskette?**
- Wärmeenergie ☐
- Kernenergie ☐
- Chemische Energie ☐

**9. Welche Energie steht bei einem Kernkraftwerk am Anfang der Energieumwandlungskette?**
- Wärmeenergie ☐
- Kernenergie ☐
- Chemische Energie ☐

**10. In welchem Teil eines Kohle- oder Kernkraftwerkes wird potenzielle Energie (Spannenergie) in Bewegungsenergie umgewandelt?**
- Turbine ☐
- Kondensator ☐
- Generator ☐

**11. In welchem Teil eines Kohle- oder Kernkraftwerkes wird Bewegungsenergie in elektrische Energie umgewandelt?**
- Turbine ☐
- Kondensator ☐
- Generator ☐

**12. In welcher Form treten in Kohle- und Kernkraftwerken Energieverluste auf?**
- Als elektrische Energie ☐
- Als Wärmeenergie ☐
- Als Bewegungsenergie ☐

**13. In welchem Zustand befinden sich die kleinsten Teilchen eines Stoffes bei -273,15 °C? Sie sind**
- in dauernder Bewegung, ☐
- in Ruhe, ☐
- in innerer Umwandlung. ☐

**14. Was geschieht mit den kleinsten Teilchen eines Stoffes, wenn seine Temperatur steigt? Die kleinsten Teilchen**
- ziehen sich stärker an, ☐
- verformen sich stärker, ☐
- bewegen sich heftiger. ☐

**15. Die innere Energie eines Stoffes ist**
- die chemische Energie des Stoffes, ☐
- die Energie, die in Form der Teilchenbewegung vorliegt, ☐
- die Energie der Atomkerne. ☐

**16. Wie gelangt bei einem Kernkraftwerk die Wärme aus den heißen Brennstäben in das Kühlmittel Wasser?**
- Durch Wärmestrahlung ☐
- Durch Stöße zwischen den kleinsten Teilchen von $UO_2$, Brennstabhülle und Wasser ☐
- Durch Gammastrahlung ☐

**17. Ausgeschleuderte Alphateilchen werden an den umgebenden Atomen abgebremst. Was tritt dabei ein?**
- Die Atome werden elektrisch aufgeladen. ☐
- Die Atome zerplatzen in mehrere Bruchstücke. ☐
- Die Atome bewegen sich heftiger (Temperaturanstieg). ☐

**18. Welcher Zusammenhang besteht bei Alphateilchen zwischen ihrer Geschwindigkeit und ihrer Energie?**
- Die Teilchenenergie steigt mit wachsender Geschwindigkeit. ☐
- Die Teilchenenergie sinkt mit wachsender Geschwindigkeit. ☐
- Die Teilchenenergie ist unabhängig von der Geschwindigkeit. ☐

**19. Wie groß ist etwa die Geschwindigkeit thermischer Neutronen, die bei der Kernspaltung eingesetzt werden?**
- 2 000 m/s ☐
- 2 000 m/min ☐
- 2 000 km/s ☐

**20. Was geschieht mit einem Atomkern, der ein Alphateilchen aussendet?**
- Er verformt sich. ☐
- Er lädt sich elektrisch auf. ☐
- Er erfährt einen Rückstoß. ☐

## 10.4 Kernspaltung und Kettenreaktion

1. **Welches natürliche Uranisotop wird für Kernspaltungen in Reaktoren verwendet?**
   Uran-234 ☐
   Uran-235 ☐
   Uran-238 ☐

2. **Wie hoch ist der Gehalt an Uran-235 im natürlichen Uran?**
   0,7 % ☐
   10,0 % ☐
   50,0 % ☐

3. **Welchen Anteil an Uran-235 besitzt angereichertes Uran, das in Kernkraftwerken verwendet wird?**
   1 – 2 % ☐
   3 – 4 % ☐
   8 – 10 % ☐

4. **Durch welches Teilchen wird die Spaltung eines Urankerns ausgelöst?**
   Elektron ☐
   Proton ☐
   Neutron ☐

5. **Was geschieht mit einem Urankern bei der Spaltung?**
   Zerfall in 2 Trümmerkerne und Neutronen ☐
   Zerfall in 3 Trümmerkerne ☐
   Zerfall in Protonen und Neutronen ☐

6. **In welchem Jahr wurde durch die beiden deutschen Chemiker Hahn und Strassmann die Spaltung eines Kerns U-235 erstmals nachgewiesen?**
   1932 ☐
   1938 ☐
   1945 ☐

7. **Bei einer Kernspaltung entstehen zwei Trümmerkerne. Welche Teilchen werden zusätzlich frei?**
   Neutronen ☐
   Protonen ☐
   Alphateilchen ☐

8. **Wie viel Neutronen werden im Mittel bei jeder Kernspaltung frei?**
   1 Neutron ☐
   2 bis 3 Neutronen ☐
   10 Neutronen ☐

9. **Durch welche Neutronen wird Uran-235 am effektivsten gespalten?**
   Langsame Neutron ☐
   Mittelschnelle Neutronen ☐
   Schnelle Neutronen ☐

10. **Ein Neutron löst eine Kernspaltung aus. Dabei entstehen z. B. 2 Neutronen. Wie viel Neutronen entstehen in der 10. Generation, wenn alle Neutronen der vorangegangenen Generationen Kernspaltungen ausgelöst haben?**
    20 Neutronen ☐
    1 024 Neutronen ☐
    1 000 000 Neutronen ☐

11. **Wie groß ist bei der Spaltung eines Kerns U-235 die Summe der Massenzahlen von Trümmerkernen und frei gewordenen Neutronen?**
    Massenzahl 235 ☐
    Massenzahl 236 ☐
    Massenzahl 238 ☐

12. **Wie heißt bei der folgenden Kernreaktionsgleichung die fehlende Massenzahl des Xenon-Isotops?**

    $${}^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}_{54}\mathrm{Xe} + {}^{90}_{38}\mathrm{Sr} + 3\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

    Massenzahl 90 ☐
    Massenzahl 236 ☐
    Massenzahl 143 ☐

13. **Wie viel verschiedene Spaltprodukte (Radionuklide) entstehen bei der Kernspaltung? Etwa**
    100 verschiedene Spaltprodukte, ☐
    200 verschiedene Spaltprodukte, ☐
    300 verschiedene Spaltprodukte. ☐

14. **Wie viel Energie wird bei einer einzigen Kernspaltung frei?**
    210 eV ☐
    210 keV ☐
    210 MeV ☐

15. **Wie groß ist bei Uran-235 die kritische Masse (System in Kugelform sowie unreflektiert und unmoderiert)?**
    Etwa 1 kg ☐
    Etwa 10 kg ☐
    Etwa 50 kg ☐

16. **Was geschieht mit der Masse von 1 kg U-235, wenn alle Uranatome gespalten werden?**
    Durch die Vielzahl unterschiedlicher Spaltprodukte nimmt die Masse um 10 g zu. ☐
    1 g der Gesamtmasse wird in Energie umgewandelt (Massenverlust). ☐
    Die Massen sind vor und nach der Spaltung gleich. ☐

17. **Neutronen mittlerer Geschwindigkeit werden von Uran-238 aufgenommen. Was geschieht dadurch letztlich?**
    Der Kern zerplatzt. ☐
    Es entsteht Pu-239. ☐
    Es entsteht U-235. ☐

18. **Wodurch werden in der Natur sehr geringe Mengen von Pu-239 ständig neu gebildet?**
    Einige Urankerne spalten sich spontan und erzeugen dabei Plutonium. ☐
    Neutronen der natürlichen Höhenstrahlung wandeln U-238 in drei Stufen zu Pu-239 um. ☐
    Plutonium tritt in den natürlichen Uran-Zerfallsreihen auf. ☐

19. **Das in der Natur vorkommende Thorium-232 kann mit Hilfe von Neutronen in ein spaltbares Uranisotop umgewandelt werden. Um welches Isotop handelt es sich?**
    Uran-233 ☐
    Uran-235 ☐
    Uran-238 ☐

20. **Wie nennt man die gezielte Gewinnung von Pu-239 und U-233?**
    Ionisierung ☐
    Kernspaltung ☐
    Brüten (breeding) ☐

21. **Was versteht man unter Mischoxid-Brennelementen? Sie enthalten**
    U-235 und U-238, ☐
    die Spaltstoffe $UO_2$ und $PuO_2$, ☐
    Uran in zwei verschiedenen Oxidationsstufen ($UO_2$, $UO_3$). ☐



## 10.5 Kontrollierte Kernspaltung

**1. Wie nennt man eine Anlage, in der eine kontrollierte Kettenreaktion abläuft?**
- Reaktor ☐
- Moderator ☐
- Absorber ☐

**2. Was entsteht bei der Spaltung eines Kerns U-235 außer den beiden Trümmerkernen?**
- 2 bis 3 Alphateilchen ☐
- 2 bis 3 Protonen ☐
- 2 bis 3 Neutronen ☐

**3. Welche Energie haben die bei der Kernspaltung frei werdenden Neutronen im Mittel?**
- Etwa 1,5 eV (langsame Neutronen) ☐
- Etwa 1,5 keV (mittelschnelle Neutronen) ☐
- Etwa 1,5 MeV (schnelle Neutronen) ☐

**4. Mit welchen Neutronen lassen sich die Kerne des U-235 am effektivsten spalten? Mit**
- schnellen Neutronen, ☐
- mittelschnellen Neutronen, ☐
- langsamen Neutronen. ☐

**5. Wie nennt man den Stoff, mit dem in einem Reaktor die schnellen Neutronen gezielt abgebremst werden?**
- Spaltstoff ☐
- Moderator ☐
- Reflektor ☐

**6. Welcher Stoff wird in Leichtwasserreaktoren als Moderator verwendet?**
- Wasser ☐
- Bor ☐
- Kohlenstoff (Graphit) ☐

**7. Bei welchem Stoff müssen Neutronen die geringste Anzahl von Zusammenstößen ausführen, um auf niedrige Geschwindigkeiten abgebremst zu werden?**
- Wasserstoff ($^{1}_{1}H$) ☐
- Deuterium ($^{2}_{1}H$) ☐
- Kohlenstoff ($^{12}_{6}C$) ☐

**8. Ein Moderator soll die schnellen Neutronen durch möglichst wenige Zusammenstöße auf niedrige Geschwindigkeiten abbremsen. Welche zweite Eigenschaft soll ein Moderator auch besitzen?**
- Geringe Neigung zum Einfang von Neutronen ☐
- Große mechanische Festigkeit ☐
- Möglichst hoher Schmelzpunkt ☐

**9. Bei welchem Stoff ist die Neigung, Neutronen zu absorbieren, besonders klein?**
- Wasserstoff ($^{1}_{1}H$) ☐
- Deuterium ($^{2}_{1}H$) ☐
- Kohlenstoff ($^{12}_{6}C$) ☐

**10. Wird Wasser als Kühlmittel und Moderator verwendet, werden relativ viele Neutronen durch den Wasserstoff absorbiert. Wie gleicht man diesen Neutronenverlust aus? Durch**
- den Einsatz von Absorberstäben, ☐
- Erhöhung des Anteils von U-235 auf 2 bis 4 %, ☐
- Erhöhung der Temperatur des Kühlmittels Wasser. ☐

**11. Wodurch lässt sich die Kettenreaktion in einem Reaktor steuern?**
- Veränderung der Anzahl der Brennstäbe ☐
- Absorption einer mehr oder minder großen Anzahl von Neutronen ☐
- Veränderung der durchlaufenden Kühlmittelmenge ☐

**12. Welcher der genannten Stoffe eignet sich für die Herstellung von Steuerstäben?**
- Bor ☐
- Blei ☐
- Graphit ☐

**13. Was geschieht, wenn Neutronen durch Bor absorbiert werden?**
- Neutronen werden abgebremst. ☐
- Neutronen werden vernichtet. ☐
- Neutronen werden von den Atomkernen des Bor aufgenommen und wandeln es in Lithium um. ☐

**14. Wie verhält sich ein Reaktor, wenn die Steuerstäbe in ihrer ganzen Länge in den Reaktor gesenkt werden?**
- Die Kettenreaktion schwillt an. ☐
- Die Kettenreaktion erlischt. ☐
- Die Neutronen werden verstärkt abgebremst. ☐

**15. In einem Leichtwasserreaktor kann es zu keiner unkontrollierten Kettenreaktion kommen, weil bei einem zu starken Temperaturanstieg das Wasser (der Moderator) verstärkt verdampft und dann**
- der Wasserdampf die Kernspaltung löscht, ☐
- der Wasserdampf die Neutronen verstärkt absorbiert, ☐
- pro Volumeneinheit nicht mehr genug Wasser zum Abbremsen der Neutronen vorhanden ist. ☐

**16. Wie viel Prozent der Spaltneutronen werden bis zu 20 Sekunden verzögert von den Trümmerkernen abgegeben?**
- 0,75 % ☐
- 3 % ☐
- 10 % ☐

**17. Bei der Steuerung eines Reaktors lässt man die Neutronenzahl von Neutronengeneration zu Neutronengeneration um weniger als**
- 10 %, ☐
- 3 %, ☐
- 0,75 %, ☐

ansteigen.

**18. Wie nennt man Reaktoren, bei denen Spaltstoff und Moderator räumlich getrennt angeordnet sind?**
- Homogener Reaktor ☐
- Heterogener Reaktor ☐
- Kritischer Reaktor ☐

**19. Wie nennt man Reaktoren, bei denen Spaltstoff und Moderator miteinander gemischt sind?**
- Homogener Reaktor ☐
- Heterogener Reaktor ☐
- Kritischer Reaktor ☐

**20. Unter welcher Voraussetzung lässt sich auch mit Natururan (0,7 % U-235) ein heterogener Reaktor betreiben?**

Einstellen nicht zu hoher Reaktortemperaturen ....... ☐

Einsatz geringer Uranmengen .................... ☐

Verwendung von Schwerem Wasser ($D_2O$) oder Graphit als Moderator ........................... ☐

**21. Wie konnte in Gabun (Westafrika) vor mehr als 1 Milliarde Jahren ein Naturreaktor mit Wasser als Moderator mehrere hunderttausend Jahre lang in Betrieb sein?**

Das als Moderator wirkende Wasser stand im Erdreich unter sehr hohem Druck. .................. ☐

Das Uran war von einer sehr dicken Eisenerzschicht umgeben. ........................ ☐

Vor so langer Zeit waren im Natururan etwa 3 % U-235 enthalten. ........................ ☐

**22. In welcher Form liegt das Uran in Anreicherungsanlagen vor, in denen der Anteil an U-235 von 0,7 % auf 3 bis 4 % erhöht wird?**

Metallisches Uran .............................. ☐
Gas Uranhexafluorid ($UF_6$) ...................... ☐
Urandioxid ($UO_2$) ............................. ☐

---

## 10.6 Kernkraftwerke

**1. Welchem Teil eines herkömmlichen Kohlekraftwerkes entspricht der Reaktor eines Kernkraftwerkes?**
Dampfkessel ................................... ☐
Dampfturbine .................................. ☐
Generator ..................................... ☐

**2. Wie groß ist die Menge an Uran in einem Kernkraftwerk (z. B. Siedewasserreaktor Krümmel, Druckwasserreaktor Brokdorf)?**
Etwa 10 - 20 t .................................. ☐
Etwa 100 - 150 t ................................ ☐
Etwa 500 - 800 t ................................ ☐

**3. In welcher chemischen Form wird das Uran in Leichtwasserreaktoren verwendet?**
Metallisches Uran .............................. ☐
Urandioxid ($UO_2$) ............................. ☐
Uranhexafluorid ($UF_6$) ......................... ☐

**4. Wie lang sind die Brennstäbe von Leichtwasserreaktoren (Bundesrepublik Deutschland)?**
Etwa 0,5 - 1 m .................................. ☐
Etwa 3,5 - 4,5 m ................................ ☐
Etwa 8 - 10 m ................................... ☐

**5. Wieviel Brennstäbe befinden sich in den Reaktoren der Kernkraftwerke Krümmel bzw. Brokdorf?**
Etwa 5 000 - 10 000 ............................. ☐
Etwa 10 000 - 20 000 ............................ ☐
Etwa 45 000 - 65 000 ............................ ☐

**6. Welcher Stoff wird in heutigen Leichtwasserreaktoren als Kühlmittel eingesetzt?**
Heliumgas ...................................... ☐
Wasserdampf .................................... ☐
Wasser ......................................... ☐

**7. Wie viel Kühlkreisläufe (außer Kondensatorkreislauf) besitzt ein Kernkraftwerk mit Siedewasserreaktor?**
3 Kühlkreisläufe ................................ ☐
2 Kühlkreisläufe ................................ ☐
1 Kühlkreislauf ................................. ☐

**8. Wie viel Kühlkreisläufe (außer Kondensatorkreislauf) besitzt ein Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor?**
3 Kühlkreisläufe ................................ ☐
2 Kühlkreisläufe ................................ ☐
1 Kühlkreislauf ................................. ☐

**9. In Brutreaktoren finden Kernspaltungen statt (Energiegewinnung). Gleichzeitig wird**
aus U-238 das Isotop U-235 erbrütet, ................ ☐
aus U-238 das Isotop U-233 erbrütet, ................ ☐
aus U-238 Pu-239 erbrütet. ......................... ☐

**10. Welche Neutronen werden in Brutreaktoren verwendet?**
Schnelle Neutronen .............................. ☐
Mittelschnelle Neutronen ......................... ☐
Langsame Neutronen ............................. ☐

**11. Welche Kühlmittel werden heute in Brutreaktoren verwendet?**

**a) Primärkühlkreis**
Natrium ........................................ ☐
Helium ......................................... ☐
Wasser ......................................... ☐

**b) Sekundärkühlkreis**
Natrium ........................................ ☐
Helium ......................................... ☐
Wasser ......................................... ☐

**c) Tertiärkühlkreis (Arbeitsmittel)**
Natrium ........................................ ☐
Helium ......................................... ☐
Wasser ......................................... ☐

**12. Welcher Spaltstoff (Erstkern) wurde im Thorium-Hochtemperaturreaktor THTR 300 verwendet?**
U-233 .......................................... ☐
U-235 .......................................... ☐
Pu-239 ......................................... ☐

**13. Im THTR 300 wurde aus Thorium-232 neuer Spaltstoff erbrütet. Es handelte sich um**
U-233, ......................................... ☐
U-235, ......................................... ☐
Pu-239. ........................................ ☐

**14. Welche Form hatten die Brennelemente des THTR 300?**
Metallröhren ................................... ☐
Graphitkugeln .................................. ☐
Metallquader ................................... ☐

**15. Welche Temperatur erreichte das Gas, das den Reaktorkern des THTR 300 durchströmte?**
Etwa 280 °C .................................... ☐
Etwa 550 °C .................................... ☐
Etwa 750 °C .................................... ☐



16. **Wie viel Kühlkreise (außer Kondensatorkühlkreis) besaß der THTR 300?**
1 Kühlkreis . . . . . ☐
2 Kühlkreise . . . . . ☐
3 Kühlkreise . . . . . ☐

17. **Wie viel Brennelementkugeln befanden sich im Reaktor des THTR 300?**
6 000 . . . . . ☐
360 000 . . . . . ☐
6 000 000 . . . . . ☐

18. **Um welchen Reaktortyp handelte es sich beim RBMK 1000?**
Siedewasserreaktor . . . . . ☐
Druckwasserreaktor . . . . . ☐
Schneller Brüter . . . . . ☐

19. **Welcher Spaltstoff (Erstkern) wird beim RBMK 1000 verwendet?**
U-233 . . . . . ☐
U-235 . . . . . ☐
Pu-239 . . . . . ☐

20. **Mit welchem Moderator werden beim RBMK 1000 die schnellen Neutronen auf langsame Geschwindigkeiten abgebremst?**
Mit Leichtem Wasser ($H_2O$) . . . . . ☐
Mit Schwerem Wasser ($D_2O$) . . . . . ☐
Mit Kohlenstoff (Graphit) . . . . . ☐

21. **Der RBMK 1000 hat statt eines einzelnen Reaktordruckgefäßes**
2 getrennt angeordnete Reaktordruckgefäße, . . . . . ☐
10 getrennt angeordnete Reaktordruckgefäße, . . . . . ☐
über 1 600 Druckröhren, in denen sich die Brennelemente befinden. . . . . . ☐

22. **Wie verhält sich ein Reaktor vom Typ RBMK 1000, wenn durch Temperaturanstieg mehr Dampfblasen entstehen? Die Anzahl der Kernspaltungen**
ändert sich dadurch nicht, . . . . . ☐
nimmt ab, . . . . . ☐
nimmt zu. . . . . . ☐

---

## 10.7 Sicherheitseinrichtungen bei Kernkraftwerken

1. **Bei der Kernspaltung entstehen zwei Trümmerkerne und zwei bis drei Neutronen. Welche Strahlung wird zusätzlich ausgesandt?**
Alphastrahlen . . . . . ☐
Betastrahlen . . . . . ☐
Gammastrahlen . . . . . ☐

2. **Die bei der Kernspaltung entstehenden Trümmerkerne sind**
nicht radioaktiv, . . . . . ☐
meist radioaktiv, . . . . . ☐
nur in den ersten 10 Sekunden radioaktiv. . . . . . ☐

3. **Auch ursprünglich nicht radioaktive Materialien, die sich im Reaktor oder in seiner unmittelbaren Nähe befinden, können durch die**
Gammastrahlen, . . . . . ☐
Neutronenstrahlen, . . . . . ☐
Betastrahlen . . . . . ☐
radioaktiv werden.

4. **Wodurch entsteht auch in einem abgeschalteten Kernreaktor Wärme?**
Die Regelstäbe geben die gespeicherte Wärme langsam ab. . . . . . ☐
Die Spaltprodukte zerfallen weiter und erzeugen Wärme. . . . . . ☐
Es finden noch vereinzelt Kernspaltungen statt. . . . . . ☐

5. **Sicherheitsbarrieren verhindern das Austreten radioaktiver Stoffe.**

**a) Die erste Sicherheitsbarriere ist**
die Kristallstruktur der $UO_2$-Tabletten, . . . . . ☐
das Kühlmittel, das die Brennstäbe umgibt, . . . . . ☐
die Brennstabhülle. . . . . . ☐

**b) Die zweite Sicherheitsbarriere ist**
die Brennstabhülle, . . . . . ☐
der biologische Schild, . . . . . ☐
das Reaktorgebäude. . . . . . ☐

**c) Die dritte Sicherheitsbarriere ist**
die Brennstabhülle, . . . . . ☐
das Reaktordruckgefäß, . . . . . ☐
das Reaktorgebäude. . . . . . ☐

**d) Die vierte Sicherheitsbarriere ist**
das Reaktordruckgefäß, . . . . . ☐
der Sicherheitsbehälter, . . . . . ☐
das Reaktorgebäude. . . . . . ☐

6. **Wie stark ist die Wand eines Reaktordruckgefäßes?**
Etwa 2 - 3 cm . . . . . ☐
Etwa 15 - 25 cm . . . . . ☐
Etwa 40 - 50 cm . . . . . ☐

7. **Warum besitzt der Sicherheitsbehälter eine zusätzliche Dichthaut?**
Weil dadurch das Rosten des Sicherheitsbehälters verringert werden kann. . . . . . ☐
Weil durch die „Haut" eine zusätzliche Abdichtung erreicht wird (Behälter dieser Größe lassen sich nicht absolut gasdicht herstellen). . . . . . ☐
Weil die Dichthaut das Eindringen von Regenwasser verhindert. . . . . . ☐

8. **Welche Aufgabe hat der biologische Schild?**
Neutronenmoderator . . . . . ☐
Abstützen des Reaktordruckgefäßes . . . . . ☐
Abschirmung der Neutronen- und Gammastrahlung . . . . . ☐

9. **Unter welcher Voraussetzung dürfen Kernkraftwerke radioaktive Stoffe an die Umgebung abgeben?**
Es dürfen nur genehmigte Mengen kontrolliert abgegeben werden. . . . . . ☐
Eine Abgabe ist nur bei geeigneten Wetterbedingungen erlaubt. . . . . . ☐
Die abgegebenen Radionuklide müssen eine Halbwertszeit haben, die kleiner als ein Jahr ist. . . . . . ☐

**10. Bei der kontrollierten Abgabe radioaktiver Stoffe unterscheidet man zwischen Genehmigungswert und Abgabewert. In der Praxis gilt:**

- Der Abgabewert ist stets so groß wie der Genehmigungswert. ☐
- Der Abgabewert ist stets kleiner als der Genehmigungswert. ☐
- Der Abgabewert ist stets größer als der Genehmigungswert. ☐

**11. Einige gasförmige radioaktive Stoffe durchlaufen eine Verzögerungsstrecke, ehe sie in genehmigten Mengen über den Abluftkamin abgegeben werden. Die Verzögerungsstrecke bewirkt,**

- dass nicht zuviel radioaktive Gase auf einmal abgegeben werden, ☐
- dass die radioaktiven Gase zurückgehalten werden, bis eine ausreichende Windstärke herrscht, ☐
- dass die Aktivität einiger Radionuklide beim langsamen Durchlaufen abklingt (mehrere Halbwertszeiten vergehen). ☐

**12. Worauf beruhen die guten Filtereigenschaften von Aktivkohle?**

- Kohlenstoff geht mit den Verunreinigungen der Luft eine chemische Verbindung ein. ☐
- Durch ihre Porösität besitzen Kohlenstoffteilchen eine sehr große Oberfläche, an der sich gasförmige Stoffe anlagern können. ☐
- Aktivkohle ist für radioaktive Gase undurchdringlich. ☐

**13. Warum ist der Luftdruck im Reaktorgebäude etwas niedriger als der äußere Luftdruck?**

- Es ist für das Bedienungspersonal angenehmer. ☐
- Die Gebäudewände brauchen dann nur einem geringeren Druck standzuhalten. ☐
- Bei Undichtigkeiten kann keine Gebäudeluft nach außen gelangen. ☐

**14. Bei einem Siedewasserreaktor ist der Dampf, der durch die Turbine strömt, mit radioaktiven Stoffen verunreinigt. Damit er nicht aus den Dichtungen der Turbinenwelle austritt,**

- werden besonders gut abgedichtete Schmiermittel verwendet, ☐
- werden um die Welle Kammern angeordnet, in denen sich Unter- und Überdruckzonen aufbauen lassen, ☐
- wird der Dampf am Wellenende kondensiert. ☐

**15. Radioaktive Stoffe aus der Turbine können nicht mit dem Kühlwasser in den Fluss gelangen, weil**

- die Rohrleitungen für das Kühlwasser niemals reißen können, ☐
- der Druck in der Kühlwasserleitung sehr viel größer ist als der Druck im Kondensator, ☐
- Dampf sich immer von Wasser getrennt hält. ☐

**16. Wie müssen drei Ventile angeordnet werden, die bei einem Störfall das Absperren einer Dampfleitung sicherstellen sollen (Redundanz in der Schließfunktion)?**

- Ventile in Reihe (Serie) ☐
- Ventile parallel ☐
- Jeweils nur 1 Ventil ☐

**17. Wie müssen drei Ventile angeordnet werden, die im Störfall zusätzlich Kühlwasser in den Reaktor strömen lassen sollen (Redundanz in der Öffnungsfunktion)?**

- Ventile in Reihe (Serie) ☐
- Ventile parallel ☐
- Jeweils nur 1 Ventil ☐

**18. Mit welchem Namen bezeichnet man die sicherheitstechnische Mehrfachanordnung eines Systems?**

- Redundanz ☐
- Diversität ☐
- Kritikalität ☐

**19. Wie wird der unterschiedliche technische Aufbau von Anlagen, die dem gleichen sicherheitstechnischen Zweck dienen, genannt (z. B. Pumpen elektrisch, hydraulisch und pneumatisch betrieben)?**

- Redundanz ☐
- Diversität ☐
- Kritikalität ☐

**20. Durch die Notkühlsysteme eines Reaktors soll sichergestellt werden, dass**

- keine zusätzliche Strahlung in die Umgebung eines Kernkraftwerkes gelangt, ☐
- die Neutronen durch Wasser weiter moderiert werden, ☐
- die Brennelemente auch bei einem großen Störfall mit Kühlmittel versorgt werden. ☐

**21. Wie viele voneinander unabhängige Notkühlsysteme besitzt ein Kernkraftwerk?**

- Zwei Notkühlsysteme ☐
- Drei Notkühlsysteme ☐
- Vier Notkühlsysteme ☐

**22. Wie kann eine Notkühlung fortgesetzt werden, auch wenn die Wasservorräte innerhalb und außerhalb des Sicherheitsbehälters verbraucht sind?**

- Die Notkühlung wird mit einem Gebläse fortgesetzt. ☐
- Die Brennelemente werden mit Tiefkühlaggregaten gekühlt. ☐
- Das Wasser, das sich im so genannten Sumpf des Sicherheitsbehälters sammelt, wird in das Reaktordruckgefäß zurückgepumpt. ☐

**23. Warum besitzt das Notkühlsystem einen Wärmetauscher außerhalb des Sicherheitsbehälters?**

- Bei einer Notkühlung wird das Wasser erwärmt, ehe es in den Reaktor gepumpt wird. ☐
- Nachzerfallswärme, die das Wasser aufnimmt, wird über den Wärmetauscher an die Umgebung abgegeben. ☐
- Über den Wärmetauscher wird das Wasser aller Notkühlleitungen auf gleiche Temperatur gebracht. ☐



**24. Warum wird im Kernkraftwerk Krümmel der Sicherheitsbehälter während des Betriebes mit Stickstoff gefüllt?**

Stickstoff wirkt sich günstig auf die kontrollierte Kettenreaktion aus. . . . . ☐

Stickstoff schützt den Sicherheitsbehälter vor Korrosion. . . . . ☐

In einer Stickstoffatmosphäre kann der bei einem Störfall möglicherweise entstehende Wasserstoff nicht verbrennen. . . . . ☐

**25. Wodurch wird bei einem Kernkraftwerk ein störungsfreier Normalbetrieb gewährleistet?**

Der Reaktor wird mehrmals jährlich zur Revision abgeschaltet. . . . . ☐

Es findet ein möglichst häufiger Brennelementwechsel statt. . . . . ☐

Qualitätssicherung/hohe Sicherheitsreserven/ fachkundiges Personal . . . . . ☐

**26. Worin liegt die Hauptaufgabe bei der Bewältigung eines Störfalls?**

Kettenreaktion möglichst schnell wieder in Gang bringen. . . . . ☐

Brennelemente weiter kühlen (Nachzerfallswärme abführen). . . . . ☐

Den Sicherheitsbehälter luftleer pumpen. . . . . ☐

---

## 10.8 Der Brennstoffkreislauf – die Ver- und Entsorgung eines Kernkraftwerkes

**1. Wie viel Gramm Uran enthält im Mittel 1 t Gestein der Erdrinde?**

0,1 g . . . . . ☐
3 g . . . . . ☐
100 g . . . . . ☐

**2. Bei der Urangewinnung wird durch chemische Verfahren ein Stoff hergestellt, der wegen seiner gelben Farbe „Yellow Cake“ genannt wird. Es ist**

Urandioxid / $UO_2$, . . . . . ☐
Uranylsulfat / $UO_2(SO_4)$, . . . . . ☐
Ammoniumdiuranat / $(NH_4)_2\,U_2O_7$. . . . . ☐

**3. Bei der Anreicherung wird der Gehalt an**

U-233, . . . . . ☐
U-234, . . . . . ☐
U-235 . . . . . ☐

erhöht.

**4. In welcher chemischen Form liegt das Uran in der Anreicherungsanlage vor?**

Urandioxid / $UO_2$, . . . . . ☐
Urantrioxid / $UO_3$, . . . . . ☐
Uranhexafluorid / $UF_6$. . . . . ☐

**5. Zur Herstellung von Brennelementen wird das an U-235 angereicherte Uranhexafluorid wieder umgewandelt zu**

Urandioxid / $UO_2$, . . . . . ☐
Urantrioxid / $UO_3$, . . . . . ☐
Uranylsulfat / $UO_2(SO_4)$. . . . . ☐

**6. Mehrere Brennstäbe, die zu einem Bündel zusammengefasst sind, nennt man**

Brennstab-Aggregat, . . . . . ☐
Brennelement, . . . . . ☐
Brennstab-Satz. . . . . ☐

**7. Welches chemische Element tritt bei Kernspaltungen als häufigstes Spaltprodukt auf (größter prozentualer Anteil)?**

Xenon . . . . . ☐
Jod . . . . . ☐
Cäsium . . . . . ☐

**8. Warum werden ausgebrannte Brennelemente nach der Entladung aus dem Reaktor zunächst in einem Wasserbecken des Kernkraftwerkes gelagert?**

Sie müssen vor dem Abtransport gründlich gereinigt werden. . . . . ☐

Es stehen nicht genügend Transportbehälter zur Verfügung. . . . . ☐

Die Spaltprodukte mit kurzen Halbwertszeiten zerfallen in dieser Zeit fast vollständig (spez. Aktivität der Brennstäbe nimmt sehr stark ab). . . . . ☐

**9. Die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente läuft in mehreren Schritten ab.**

**a) In einem ersten Schritt werden die Brennstäbe**

in offener Flamme erhitzt, . . . . . ☐
in 5 cm lange Stücke zersägt, . . . . . ☐
in Salpetersäure gereinigt. . . . . ☐

**b) Der zweite Verarbeitungsschritt sieht vor, dass der abgebrannte Brennstoff aus den offenen Brennstababschnitten mit Hilfe von**

Pressluft herausgeblasen, . . . . . ☐
Hitze herausgeschmolzen, . . . . . ☐
heißer Salpetersäure herausgelöst wird. . . . . ☐

**c) Beim dritten wichtigen Verarbeitungsschritt wird eine organische Flüssigkeit (Tri-n-Butyl-Phosphat + Kerosin) eingesetzt. Damit lassen sich**

Uran und Plutonium von den Spaltprodukten + Aktiniden abtrennen, . . . . . ☐

Uran-235 von Uran-238 trennen, . . . . . ☐

die Edelgase von den festen Stoffen trennen. . . . . ☐

**10. Welche Endlagerung ist für radioaktive Abfälle vorgesehen?**

Oberirdische Lagerung in Gebäuden mit besonders dicken Wänden . . . . . ☐

Lagerung auf dem Meeresgrund . . . . . ☐

Lagerung in geeigneten Erdschichten (Salzstock, ausgedientes Eisenerzbergwerk) . . . . . ☐



## 10.9 Strahlenmessung und die Strahlenexposition des Menschen

1. **Was wird durch die Energiedosis angegeben?**
   Absorbierte Strahlungsenergie . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Absorbierte Strahlungsenergie pro Zeit . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Absorbierte Strahlungsenergie pro Masse . . . . . . . . . . . ☐

2. **In welcher Einheit misst man die Energiedosis?**
   J/kg . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Bq/kg . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Sv/a . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

3. **Die biologische Wirkung ionisierender Strahlen kann nicht allein durch die pro Masse absorbierte Energie angegeben werden. Es ist notwendig, den Quotienten**
   mit dem Faktor 2,5 zu multiplizieren, . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   mit einem Strahlungs-Wichtungsfaktor zu multiplizieren, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   mit der Bestrahlungszeit zu multiplizieren. . . . . . . . . . . ☐

4. **Zwei biologische Objekte A und B besitzen die gleiche Masse. A wird mit Gammastrahlen, B mit Alphastrahlen solange bestrahlt, bis beide gleich viel Energie absorbiert haben. Dann ist die biologische Wirkung**
   bei A 20mal größer als bei B, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   bei B 20mal größer als bei A, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   bei A so groß wie bei B. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

5. **In welcher Einheit misst man die Organdosis?**
   Sievert (Sv) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Becquerel (Bq) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Joule (J) . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

6. **Die Dosisleistung gibt die Dosis pro Zeit an. In welcher Einheit wird sie gemessen?**
   Bq/a, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   J/a, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Sv/a. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

7. **Wie werden die Strahlenschäden unterteilt?**
   Schäden, hervorgerufen durch Teilchenstrahlung und durch Wellenstrahlung . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Somatische und genetische Schäden . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Schäden < 50 mSv und Schäden > 50 mSv . . . . . . . . . . . ☐

8. **Bei welcher einmaligen Ganzkörperbestrahlung treten im menschlichen Organismus erste klinisch fassbare Bestrahlungseffekte auf?**
   Ab etwa 250 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Ab etwa 50 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   Ab etwa 0,30 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

9. **Welcher Grenzwert der effektiven Dosis pro Kalenderjahr gilt in der Bundesrepublik Deutschland für beruflich strahlenexponierte Personen?**
   20 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   50 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
   250 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

10. **Welcher Grenzwert für die effektive Dosis der Bevölkerung durch radioaktive Ableitungen aus kerntechnischen Anlagen (jeweils über Luftpfad und Wasserpfad) gilt in der Bundesrepublik Deutschland?**
    30 mSv/a . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    3 mSv/a . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    0,3 mSv/a . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

11. **Die Intensität der kosmischen Strahlung ist von der Höhe über dem Meeresspiegel abhängig. Sie**
    steigt mit zunehmender Höhe, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    sinkt mit zunehmender Höhe, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    steigt und sinkt abwechselnd alle 1 000 m. . . . . . . . . . . ☐

12. **Wodurch wird die terrestrische Strahlung verursacht?**
    Durch besonders hartes Gestein . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    Durch die gesamte Erdmaterie . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    Durch Lava von Vulkanausbrüchen . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

13. **Die terrestrische Strahlung**
    ist überall auf der Erde gleich, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    schwankt in Abhängigkeit vom geologischen Untergrund, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    tritt nur im Gebirge oberhalb 1 000 m auf. . . . . . . . . . . ☐

14. **Der menschliche Körper besitzt eine Eigenstrahlung. Sie tritt auf, weil**
    der Mensch durch die kosmische Strahlung dauernd bestrahlt wird, . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    natürliche radioaktive Elemente mit der Nahrung und der Atmung in den Körper aufgenommen werden, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    die Haut des Menschen durch radioaktiven Staub verunreinigt ist. . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

15. **Bei der natürlichen Strahlenexposition des Menschen ist die Bestrahlung**
    von außen so groß wie die von innen, . . . . . . . . . . . . . . ☐
    von außen größer als von innen, . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    von innen größer als von außen. . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

16. **Die Organe des Menschen werden durch die natürliche Strahlung unterschiedlich stark belastet. Die stärkste Belastung ergibt sich für**
    die Keimdrüsen, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    die Knochen, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    die Lungen. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

17. **Wie groß ist die mittlere effektive Jahresdosis durch natürliche Strahlenexposition in der Bundesrepublik?**
    2,1 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    1,5 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    0,3 mSv . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

18. **Die zivilisatorisch bedingte Strahlenexposition wird im wesentlichen durch**
    das Fernsehen, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    die Kernkraftwerke, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    die medizinischen Strahlenanwendungen verursacht. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

19. **Die zivilisatorisch bedingte Strahlenexposition des Menschen beträgt im Mittel etwa**
    200 mSv/a, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    20 mSv/a, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    2 mSv/a. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

20. **Der Anteil der Kernkraftwerke an der zivilisatorisch bedingten Strahlenexposition beträgt weniger als**
    1 mSv/a, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    0,1 mSv/a, . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐
    0,01 mSv/a. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . ☐

